

54975

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, welche pro Zylinder Ein- und Auslassventile sowie zumindest ein Bremsventil aufweist, welche Bremsventile in einen gemeinsamen Druckbehälter (Brems-Rail) münden.

Aus der AT 4.963 U1 ist eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine bekannt, welche zusätzlich zu den Ein- und Auslassventilen pro Zylinder ein Bremsventil aufweist. Alle Bremsventile der Brennkraftmaschine münden in einen gemeinsamen, rohrförmigen Druckbehälter, so dass bei Betätigung der Bremsventile ein Gasaustausch zwischen den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine möglich ist. Der rohrförmige Druckbehälter weist ein Druckregelventil auf, welches in Abhängigkeit von der Stellung eines Bremsschalters oder Bremspedals mit Steuersignalen beaufschlagbar ist.

Aus DE 26 48 411 A1 ist eine abgasaufgeladene, niedrigverdichtende Diesel-Brennkraftmaschine bekannt, bei der beim Starten und im Teillastbetrieb zumindest ein Zylinder als Motorzylinder betrieben wird, der von einem als Verdichter betriebenen Zylinder aufgeladen wird. Der Kolben des Verdichterzylinders eilt dem Kolben des Motorzylinders so weit voraus, dass der Motorzylinder von dem Verdichterzylinder unmittelbar über eine Verbindungsleitung aufgeladen werden kann. Die damit erzielbare Aufladung des Motorzylinders ist allerdings begrenzt.

In der CH 662 393 A5 wird eine Verbesserung der aus der DE 26 48 411 A1 bekannten Vorrichtung vorgeschlagen, dahingehend, dass der Motorzylinder zusätzlich zu dem ersten zumindest von einem weiteren Verdichterzylinder aufgeladen wird. Dabei gibt ein Verdichterzylinder, der aufgrund seines großen Zündabstandes zum Motorzylinder nicht direkt an den Motorzylinder einspeisen kann, seine geförderte Luft zunächst an einen anderen, günstiger gelegenen Verdichterzylinder ab. Erst danach wird die Luft beider Verdichterzylinder in den Motorzylinder eingespeist.

Aus der GB 1 480 247 A ist eine Brennkraftmaschine bekannt, welche derart ausgelegt ist, dass alle oder mehrere Zylinder als Luftkompressor betrieben werden können. Die Maschine ist mit zwei unterschiedlichen Übertragungseinrichtungen zwischen der Kurbelwelle und den beiden obenliegenden Nockenwellen ausgestattet, welche mit Hilfe von elektromagnetischen Kupplungen zu- bzw. weggeschaltet werden können, wodurch ein Betrieb als Motor einerseits und ein Betrieb als Luftkompressor andererseits mit jeweils angepassten Steuerzeiten der Ein- und Auslassventile möglich ist.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betrieb einer eingangs beschriebenen Mehrzylinder-Brennkraftmaschine vorzuschlagen, welches zu einer Verbesserung der Kaltstarteigenschaften des Motors führt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Startphase der Brennkraftmaschine eine erste Gruppe von Zylindern von der Kraftstoffzufuhr abgeschaltet wird, so dass die Zylinder der ersten Gruppe als Kompressor betrieben werden und der Druckbehälter über deren Bremsventile mit komprimierter Ladeluft beladen wird, dass den Zylindern einer zweiten, mit Kraftstoff versorgten Gruppe von Zylindern über deren Bremsventile komprimierte Ladeluft aus dem Druckbehälter zugeführt wird, so dass der Verdichtungsdruck und die Verdichtungstemperatur in den Zylindern der zweiten Gruppe während der Startphase angehoben werden.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen vor allem darin, dass bereits vorhandene Elemente, wie Brems-Rail und Bremsventile verwendet werden und lediglich die Motorsteuerung (Steuerzeiten der Bremsventile, Abschaltung der Brennstoffzufuhr zu einzelnen Zylindern) entsprechend angepasst werden muss, um das Kaltstartverhalten der Brennkraftmaschine entscheidend zu verbessern und den Kraftstoffverbrauch zu minimieren. Weiters wird das Weißrauchverhalten in der Startphase verbessert, da weniger unverbrannte Kraftstoffe in das Abgas gelangen. Die Brennkraftmaschine kann in vorteilhafter Weise mit einem geringeren Verdichtungsverhältnis betrieben werden (bisher war zur Verbesserung des Kaltstarts das Verdichtungsverhältnis hoch), wodurch der Spitzen- druck bei Volllast abgesenkt werden kann.

Es ist an sich bereits bekannt, bei aufladbaren Brennkraftmaschinen einzelne Gruppen von Zylindern abzuschalten. So weist beispielsweise die Brennkraftmaschine gemäß DE 198 31 251 A1 eine erste Zylindergruppe auf, welche im gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine arbeitet und eine zweite Zylindergruppe die bedarfsabhängig abgeschaltet oder zugeschaltet werden kann. Ziel der DE 198 31 251 A1 ist es, das Ansprechverhalten der Brennkraftmaschine beim Zuschalten der zweiten Zylindergruppe zu verbessern. Dazu ist ein Abgasturbolader vorgesehen, der ausschließlich zur Aufladung der ersten Zylindergruppe dient und weiters ein mechanischer Lader, der ausschließlich zur Aufladung der zweiten Zylindergruppe dient.

Eine Brennkraftmaschine, welche in der Startphase als Kompressor arbeitet und einen Abgasturbolader auf seine für den Motorbetrieb erforderliche Mindestdrehzahl bringt, ist aus der EP 0 579 590 A1 bekannt. Der Turbolader wird hier in der

Startphase ohne Einspritzung auf eine bestimmte Mindestdrehzahl gebracht, wobei nach Rückstellung der Steuerzeiten auf Normalbetrieb und Zuschalten der Einspritzung die Brennkraftmaschine und der Lader optimal aufeinander abgestimmt laufen. Auch hier wird die komprimierte Ladeluft nicht direkt von einem Zylinder einer ersten Gruppe in einen anderen Zylinder einer zweiten Gruppe transferiert. Weiters existieren keine mit dem Bremsventil der gegenständlichen Erfindung vergleichbaren Ventile.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsvariante sieht vor, dass bei den Zylindern der ersten Gruppe die Bremsventile im Bereich von 540°KW bis 720°KW, vorzugsweise im Bereich von 570°KW bis 690°KW, geöffnet werden, um den Druckbehälter mit Ladeluft zu beladen, sowie dass bei den Zylindern der zweiten Gruppe die Bremsventile im Bereich von 480°KW bis 630°KW, vorzugsweise im Bereich von 510°KW bis 610°KW, geöffnet werden, um komprimierte Ladeluft aus dem Druckbehälter zuzuführen.

Bevorzugt weisen beide Gruppen von Zylindern gleich viele Zylinder auf (z.B. bei Sechs-, Acht- oder Zwölfzylindermotoren), es ist jedoch auch möglich, dass sich die Anzahl der Zylinder der ersten Gruppe von der Anzahl der Zylinder der zweiten Gruppe unterscheidet, sodass beispielsweise bei einer Fünfzylinder-Brennkraftmaschine ein Teilungsverhältnis von 2:3 oder 3:2 realisiert wird.

Erfindungsgemäß kann die Mehrzylinder-Brennkraftmaschine während einer kurzen Warmlaufphase ausschließlich von den Zylindern der zweiten Gruppe betrieben werden.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung ist es auch möglich, dass die Mehrzylinder-Brennkraftmaschine während einer kurzen Warmlaufphase ausschließlich von den Zylindern der zweiten Gruppe betrieben wird.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Motorbremseinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 in einem Diagramm den Ventilhub der Bremsventile in mm,

Fig. 3 in einem Diagramm den Zylinderdruck in bar sowie

Fig. 4 in einem Diagramm den effektiven Strömungsquerschnitt der Bremsventile in  $\text{mm}^2$ , jeweils in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel (für eine Sechszylinder-Brennkraftmaschine im Startbetrieb bei 150 Upm).

In Fig. 1 wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Sechszylinder-Turboladermotors näher erläutert, wobei darauf hingewiesen wird, dass das Verfahren von der Zylinderzahl unabhängig ist und beispielsweise auch bei Fünf-, Acht- oder Zwölfzylindermotoren zur Anwendung kommen kann. Weiters kann das erfindungsgemäße Verfahren auch bei einem Saugmotor zur Anwendung kommen.

Die sechs Zylinder C1 bis C6 der Brennkraftmaschine 1, welche in eine erste Gruppe G1 (z.B. Zylinder C1 bis C3) und in eine zweite Gruppe G2 (z.B. Zylinder C4 bis C6) zusammengefasst werden können, stehen über nicht weiter dargestellte Einlasskanäle mit einem Einlasssammler 2 in Verbindung, welcher ausgehend vom Luftfilter 3 über den Kompressorteil C des Turboladers 4 und über den Ladeluftkühler 5 mit Ladeluft versorgt wird. Die Abgasventile der Brennkraftmaschine 1 münden in das Abgassystem 6, wobei die Abgase in herkömmlicher Weise über den Turbinenteil T des Turboladers 4 geführt werden und über einen Schalldämpfer 7 austreten.

Die Motorbremseinrichtung 8 weist einen rohrförmigen Druckbehälter 9 (Brems-Rail) auf, in welchen von den Bremsventilen 10 ausgehende Bremskanäle 11 führen, so dass ein Gasaustausch zwischen den einzelnen Zylindern C1 bis C6 auf relativ hohem Druckniveau möglich ist. Konstruktiv kann der Druckbehälter 9 direkt in den Zylinderkopf des Nutzfahrzeugmotors integriert werden oder als außenliegendes Verbindungsrohr ähnlich einem Einlass- oder Auslassbehälter ausgeführt sein. Die Betätigung der Bremsventile 10 erfolgt vorzugsweise elektro-hydraulisch und ist daher beliebig variierbar.

Im Bremsbetrieb der Brennkraftmaschine 1 werden die Bremsventile 10 mehrmals pro Arbeitszyklus des Motors betätigt, beispielsweise zwei Bremshübe pro Arbeitszyklus, wobei der erste Bremshub nahe dem oberen Totpunkt des Hochdrucktaktes erfolgt. Bei diesem Bremshub tritt hochverdichtete Luft aus einem der Zylinder C1, C2, C3, C4, C5 oder C6 in das Brems-Rail 9 aus. Dadurch wird einerseits das Brems-Rail 9 mit Druckluft gefüllt (bis ca. 20 bar Betriebsdruck), andererseits die Expansionsarbeit des Zylinders verringert, wodurch Bremsleistung entsteht. Kurz nach dem Schließen des Einlassventils öffnet das Bremsventil 10 nochmals, wodurch verdichtete Luft aus dem Brems-Rail 9 in den Brennraum

strömt. In Folge des zweiten Bremshubes steigt der Zylinderdruck zu Beginn der Kompressionsphase des Hochdrucktaktes auf das Druckniveau des Brems-Rails 9. Dies erhöht die aufzubringende Kompressionsarbeit und somit wiederum die Bremsleistung des Motors.

Zur Verbesserung der Kaltstarteigenschaften gibt die Steuerelektronik 16 geänderte Steuerzeiten für die Bremsventile 10 vor (anders als im Bremsbetrieb), siehe Fig. 2. Dabei werden zwei verschiedene Ventilsteuerzeiten vorgegeben: Einige Zylinder (im dargestellten Beispiel die Zylinder C1 bis C3 der Zylinderbank G1) werden dazu verwendet, das Brems-Rail 9 mit komprimierter Luft zu laden. In der Start- und Kaltlaufphase wird in diese Zylinder C1 bis C3 kein Kraftstoff eingespritzt, der Verdichtungsdruck und daher auch die Verdichtungstemperatur in diesen Zylindern ist gering (siehe Fig. 3).

Die restlichen Zylinder (im dargestellten Beispiel die Zylinder C4 bis C6 der Zylinderbank G2) entnehmen komprimierte Luft aus dem Brems-Rail 9 kurz nach Schluss der herkömmlichen Einlassventile (z.B. 540° Kurbelwelle), der Zylinder C1 fördert somit komprimierte Luft über das Brems-Rail 9 zum Zylinder C5 etc. (siehe Fig. 4). Dadurch steigt der Verdichtungsenddruck und die Verdichtungsendtemperatur dieser Zylinder deutlich an (siehe Fig. 3), und der eingespritzte Kraftstoff kann zuverlässig gezündet werden. Somit beschleunigt der Motor von der Startdrehzahl zur Leerlaufdrehzahl nur mit Hilfe der gefeuerten Zylinder C4 bis C6 und kann auch in einer kurzen Warmlaufphase ausschließlich mit den Zylindern C4 bis C6 betrieben werden. Danach wird die Starthilfe durch Änderung der Ventilsteuerzeiten in der Steuerelektronik 16 deaktiviert und alle Zylinder C1 bis C6 schalten auf gefeuerten Betrieb um.

Ein elektronisch gesteuertes Druckregelventil 12 (siehe Fig. 1) begrenzt den maximalen Druck im Brems-Rail 9, um Beschädigungen am Motor zu vermeiden. Weiters erlaubt dieses Regelventil 12 dem Fahrer, beispielsweise mittels eines Bremsschalters 14 in der Fahrzeugkabine, den Druck im Brems-Rail 9 zu vermindern, indem Druckluft aus dem Brems-Rail 9 über eine Verbindungsleitung 13 in das Abgassystem 6 abgelassen wird und somit die Bremsleistung an die entsprechende Fahrsituation angepasst werden kann.

Weiters kann die Bremseinrichtung 8 mit einer strichliert angedeuteten Abgasstauklappe 15 kombiniert werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betrieb einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, welche pro Zylinder Ein- und Auslassventile sowie zumindest ein Bremsventil aufweist, welche Bremsventile in einen gemeinsamen Druckbehälter (Brems-Rail) mündenden, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Startphase der Brennkraftmaschine eine erste Gruppe von Zylindern von der Kraftstoffzufuhr abgeschaltet wird, so dass die Zylinder der ersten Gruppe als Kompressor betrieben werden und der Druckbehälter über deren Bremsventile mit komprimierter Ladeluft beladen wird, dass den Zylindern einer zweiten, mit Kraftstoff versorgten Gruppe von Zylindern über deren Bremsventile komprimierte Ladeluft aus dem Druckbehälter zugeführt wird, so dass der Verdichtungsdruck und die Verdichtungstemperatur in den Zylindern der zweiten Gruppe während der Startphase angehoben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei den Zylindern der ersten Gruppe die Bremsventile im Bereich von 540°KW bis 720°KW, vorzugsweise im Bereich von 570°KW bis 690°KW, geöffnet werden, um den Druckbehälter mit Ladeluft zu beladen, sowie dass bei den Zylindern der zweiten Gruppe die Bremsventile im Bereich von 480°KW bis 630°KW, vorzugsweise im Bereich von 510°KW bis 610°KW, geöffnet werden, um komprimierte Ladeluft aus dem Druckbehälter zuzuführen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mehrzylinder-Brennkraftmaschine vom Start bis zum Erreichen der Leerlaufdrehzahl ausschließlich von den Zylindern der zweiten Gruppe betrieben wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mehrzylinder-Brennkraftmaschine während einer kurzen Warmlaufphase ausschließlich von den Zylindern der zweiten Gruppe betrieben wird.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, welche pro Zylinder Ein- und Auslassventile sowie zumindest ein Bremsventil aufweist, welche Bremsventile in einen gemeinsamen Druckbehälter (Brems-Rail) mündenden. Erfindungsgemäß wird in der Startphase der Brennkraftmaschine eine erste Gruppe von Zylindern von der Kraftstoffzufuhr abgeschaltet, so dass die Zylinder der ersten Gruppe als Kompressor betrieben werden und der Druckbehälter über deren Bremsventile mit komprimierter Ladeluft beladen wird, wobei den Zylindern einer zweiten, mit Kraftstoff versorgten Gruppe von Zylindern über deren Bremsventile komprimierte Ladeluft aus dem Druckbehälter zugeführt wird, so dass der Verdichtungsdruck und die Verdichtungs-temperatur in den Zylindern der zweiten Gruppe während der Startphase angehoben werden.

Fig. 1